

Procédés de fabrication I - IGI, série 4

2 décembre 2025

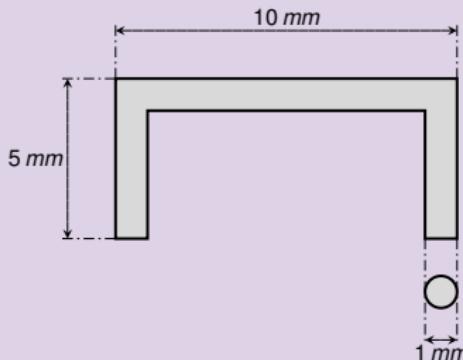
Enoncé exercice 1

Evaluation de l'énergie de fabrication

- On produit des agrafes (cf. Fig. ci-dessous) par étirage d'une barre de 10 mm de diamètre. Le matériau en question a les caractéristiques mécaniques suivantes :

limite élas.	module d'élas.	coeff. écrou.	coeff. Poisson
$R_e = 450 \text{ MPa}$	$E = 200 \text{ GPa}$	$n = 0.5$	$\nu = 0.5$

- a) On demande de calculer l'énergie nécessaire à produire une agrafe.



Corrigé exercice 1

Evaluation de l'énergie de fabrication

- L'énergie E de fabrication est liée au volume V de la pièce et à l'énergie spécifique de déformation η :

$$E = \eta V$$

- Le volume V est connu et ne varie pas durant l'élargissement ($\alpha = 0.5$) :

$$V = \pi \left(\frac{D}{2}\right)^2 (H + L + h)$$

Corrigé exercice 1

Evaluation de l'énergie de fabrication

- *L'énergie E de fabrication est liée au volume V de la pièce et à l'énergie spécifique de déformation η :*

$$E = \eta V$$

- *Le volume V est connu et ne varie pas durant l'étirage (incompr. : $\nu = 0.5$) :*

$$V = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 (H + L + H) = \pi \times 0.05^2 \times (5 + 5 + 5) = 3.93 \text{ cm}^3$$

Corrigé exercice 1

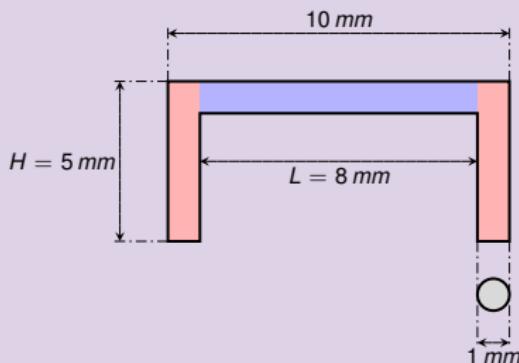
Evaluation de l'énergie de fabrication

- L'énergie E de fabrication est liée au volume V de la pièce et à l'énergie spécifique de déformation η :

$$E = \eta V$$

- Le volume V est connu et ne varie pas durant l'étirage (incompr. : $\nu = 0.5$) :

$$V = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 (\textcolor{red}{H} + \textcolor{blue}{L} + \textcolor{red}{H}) = \pi \times 0.5^2 \times (5 + 8 + 5) \simeq 14.13 \text{ mm}^3$$



Corrigé exercice 1

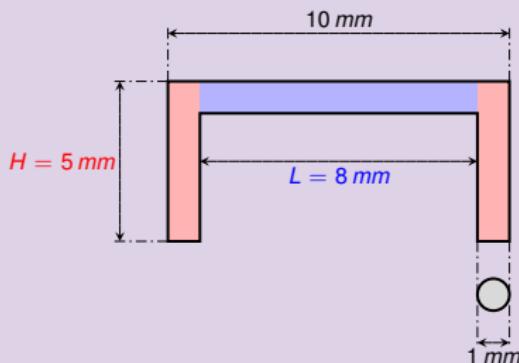
Evaluation de l'énergie de fabrication

- L'énergie E de fabrication est liée au volume V de la pièce et à l'énergie spécifique de déformation η :

$$E = \eta V$$

- Le volume V est connu et ne varie pas durant l'étirage (incompr. : $\nu = 0.5$) :

$$V = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 (H + L + H) = \pi \times 0.5^2 \times (5 + 8 + 5) \simeq 14.13 \text{ mm}^3$$



Corrigé exercice 1

Evaluation de l'énergie de fabrication

- L'énergie E de fabrication est liée au volume V de la pièce et à l'énergie spécifique de déformation η :

$$E = \eta V$$

- Le volume V est connu et ne varie pas durant l'étirage (incompr. : $\nu = 0.5$) :

$$V = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 (H + L + H) = \pi \times 0.5^2 \times (5 + 8 + 5) \simeq 14.13 \text{ mm}^3$$

- L'énergie spécifique de déformation η est l'aire sous la **courbe de traction réelle** jusqu'au taux de relaxation ε_r .

Corrigé exercice 1

Evaluation de l'énergie de fabrication

- L'énergie E de fabrication est liée au volume V de la pièce et à l'énergie spécifique de déformation η :

$$E = \eta V$$

- Le volume V est connu et ne varie pas durant l'étirage (incompr. : $\nu = 0.5$) :

$$V = \pi \left(\frac{d}{2} \right)^2 (H + L + H) = \pi \times 0.5^2 \times (5 + 8 + 5) \simeq 14.13 \text{ mm}^3$$

- L'énergie spécifique de déformation η est l'aire sous la **courbe de traction réelle** jusqu'au taux de relaxation ε_r .



Corrigé exercice 1

Determination du taux de déformation réel en relaxation

- Le taux de déformation réel en relaxation ε_r dépend du taux de déformation réel permanent qu'on souhaite atteindre :

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0}$$

où l_0 est la longueur initiale de la barre qu'on utilise pour former l'agrafe et où l_p est sa longueur pour l'acheminer dans l'agrafe.



Corrigé exercice 1

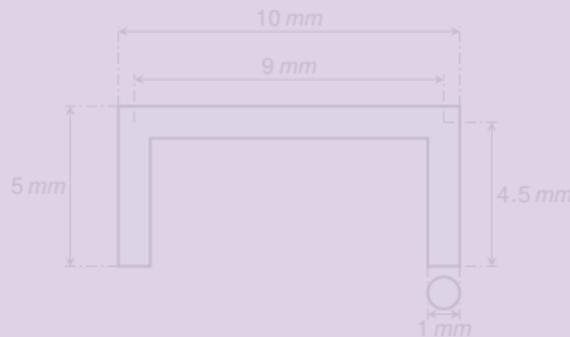
Determination du taux de déformation réel en relaxation

- Le taux de déformation réel en relaxation ε_r dépend du taux de déformation réel permanent qu'on souhaite atteindre :

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0}$$

où l_0 est la longueur initiale de la barre qu'on utilise pour former l'agrafe et où l_p est sa longueur au moment du pliage :

$$l_p = 8 + 4.5 + 4.5 = 16 \text{ mm}$$



Corrigé exercice 1

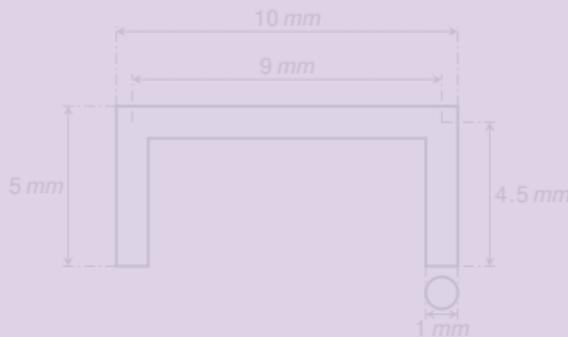
Determination du taux de déformation réel en relaxation

- Le taux de déformation réel en relaxation ε_r dépend du taux de déformation réel permanent qu'on souhaite atteindre :

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0}$$

où l_0 est la longueur initiale de la barre qu'on utilise pour former l'agrafe et où l_p est sa longueur au moment du pliage :

$$l_p \simeq 9 + 4.5 + 4.5 = 18 \text{ mm}$$



Corrigé exercice 1

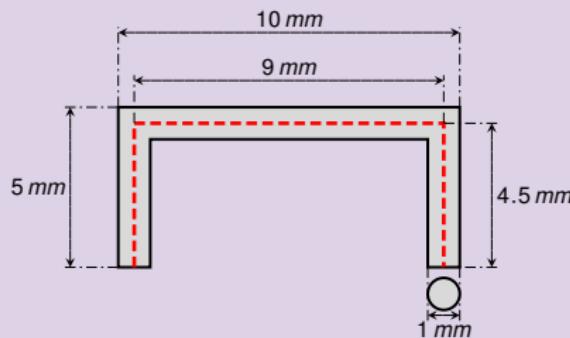
Determination du taux de déformation réel en relaxation

- Le taux de déformation réel en relaxation ε_r dépend du taux de déformation réel permanent qu'on souhaite atteindre :

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0}$$

où l_0 est la longueur initiale de la barre qu'on utilise pour former l'agrafe et où l_p est sa longueur au moment du pliage :

$$l_p \simeq 9 + 4.5 + 4.5 = 18 \text{ mm}$$



Corrigé exercice 1

Determination du taux de déformation permanent

- *La longueur initiale de la barre doit assurer la conservation du volume. Il faut que*

$$l_0 S_0 = l_p S_p \implies \frac{l_0}{l_p} = \frac{S_p}{S_0}$$

- *On en tire que*

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_0}{l_p}$$

Corrigé exercice 1

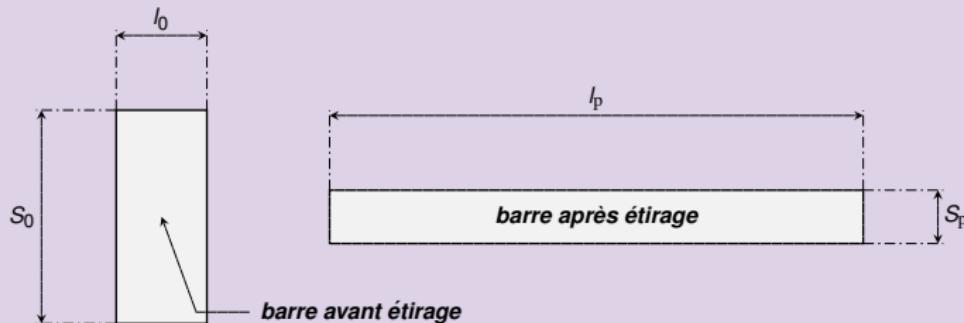
Determination du taux de déformation permanent

- La longueur initiale de la barre doit assurer la conservation du volume. Il faut que

$$l_0 S_0 = l_p S_p \implies l_0 = l_p \frac{S_p}{S_0}$$

- On en tire que

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0}$$



Corrigé exercice 1

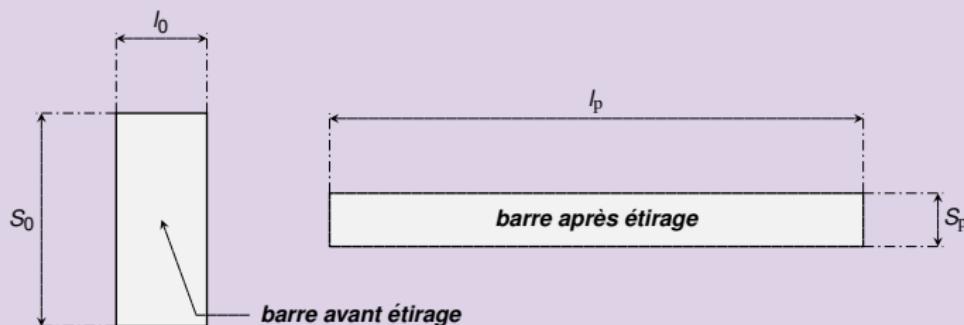
Determination du taux de déformation permanent

- La longueur initiale de la barre doit assurer la conservation du volume. Il faut que

$$l_0 S_0 = l_p S_p \implies l_0 = l_p \frac{S_p}{S_0} = l_p \left(\frac{d_p}{d_0} \right)^2 = 10 \left(\frac{1}{10} \right)^2 = 0.10 \text{ mm}$$

- On en tire que

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0}$$



Corrigé exercice 1

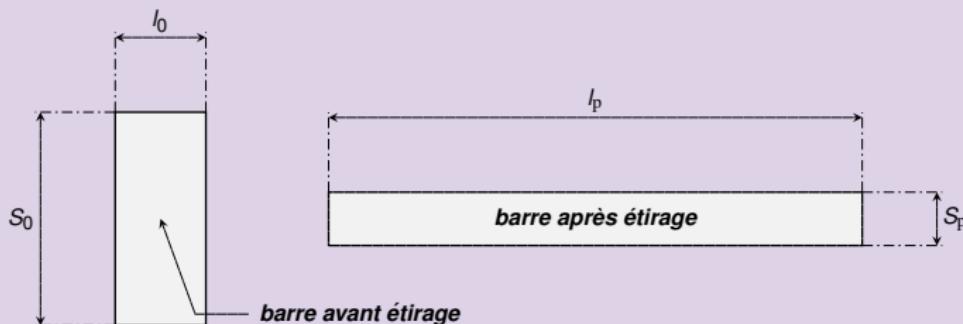
Determination du taux de déformation permanent

- La longueur initiale de la barre doit assurer la conservation du volume. Il faut que

$$l_0 S_0 = l_p S_p \implies l_0 = l_p \frac{S_p}{S_0} = l_p \left(\frac{d_p}{d_0} \right)^2 \simeq 18 \left(\frac{1}{10} \right)^2 = 0.18 \text{ mm.}$$

- On en tire que

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0}$$



Corrigé exercice 1

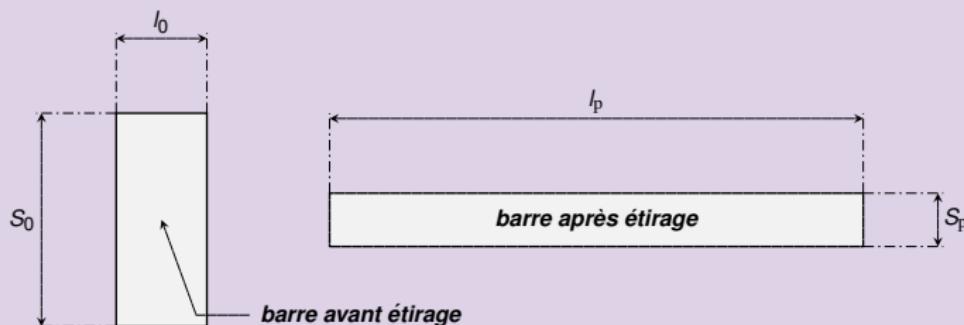
Determination du taux de déformation permanent

- La longueur initiale de la barre doit assurer la conservation du volume. Il faut que

$$l_0 S_0 = l_p S_p \implies l_0 = l_p \frac{S_p}{S_0} = l_p \left(\frac{d_p}{d_0} \right)^2 \simeq 18 \left(\frac{1}{10} \right)^2 = 0.18 \text{ mm.}$$

- On en tire que

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0} = \ln \frac{0.18}{0.18}$$



Corrigé exercice 1

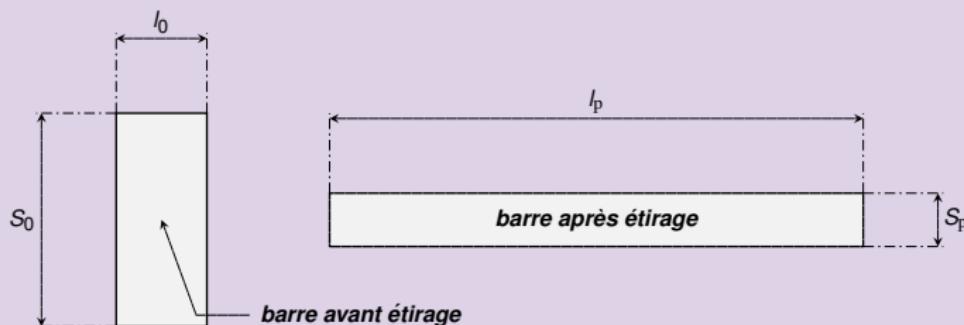
Determination du taux de déformation permanent

- La longueur initiale de la barre doit assurer la conservation du volume. Il faut que

$$l_0 S_0 = l_p S_p \implies l_0 = l_p \frac{S_p}{S_0} = l_p \left(\frac{d_p}{d_0} \right)^2 \simeq 18 \left(\frac{1}{10} \right)^2 = 0.18 \text{ mm.}$$

- On en tire que

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0} = \ln \frac{18}{0.18} = \ln 100 \simeq 4.605$$



Corrigé exercice 1

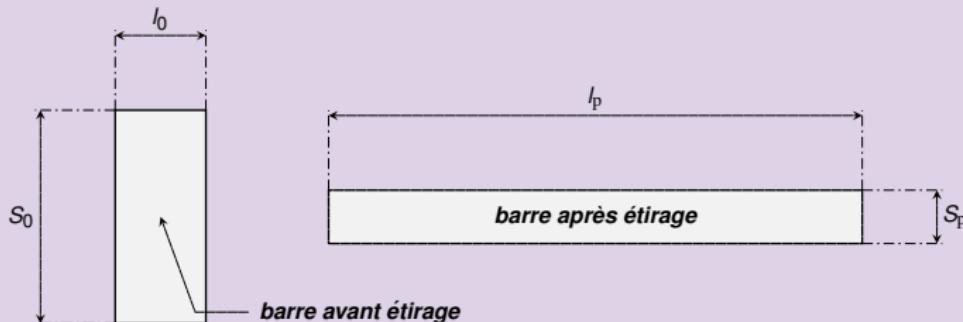
Determination du taux de déformation permanent

- La longueur initiale de la barre doit assurer la conservation du volume. Il faut que

$$l_0 S_0 = l_p S_p \implies l_0 = l_p \frac{S_p}{S_0} = l_p \left(\frac{d_p}{d_0} \right)^2 \simeq 18 \left(\frac{1}{10} \right)^2 = 0.18 \text{ mm.}$$

- On en tire que

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0} = \ln \frac{18}{0.18} = \ln 100 \simeq 4.605.$$



Corrigé exercice 1

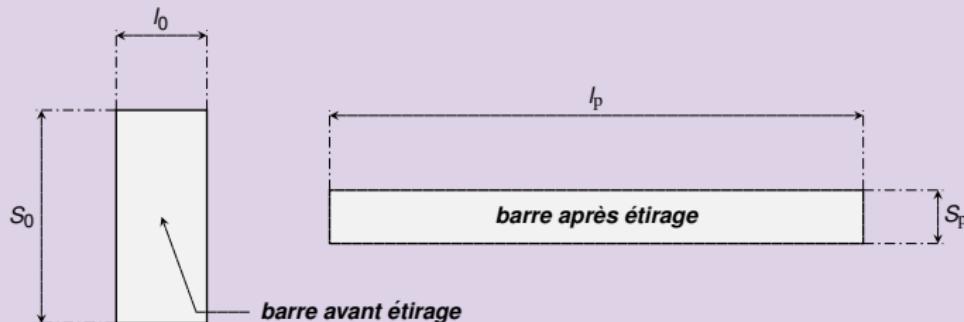
Determination du taux de déformation permanent

- La longueur initiale de la barre doit assurer la conservation du volume. Il faut que

$$l_0 S_0 = l_p S_p \implies l_0 = l_p \frac{S_p}{S_0} = l_p \left(\frac{d_p}{d_0} \right)^2 \simeq 18 \left(\frac{1}{10} \right)^2 = 0.18 \text{ mm.}$$

- On en tire que

$$\varepsilon_p = \ln \frac{l_p}{l_0} = \ln \frac{18}{0.18} = \ln 100 \simeq 4.605.$$



Corrigé exercice 1

Détermination du taux de déformation en relaxation

- *On déduit ε_r à partir de ε_p en résolvant l'équation de la déformation permanente :*

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_e} = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} - \left(\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} \right)^n$$

- *Avant de procéder, il faut connaître la valeur de ε_e .*
- *Comme E , R_e et ν sont connus, on peut utiliser l'équation*

$$\frac{R_e}{E} = \varepsilon_e e^{-\nu \varepsilon_e}$$

- *Le rapport $\frac{R_e}{E}$ au membre de gauche étant très faible,*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.450}{200} \simeq 0.00225$$

Corrigé exercice 1

Détermination du taux de déformation en relaxation

- *On déduit ε_r à partir de ε_p en résolvant l'équation de la déformation permanente :*

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_e} = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} - \left(\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} \right)^n$$

- *Avant de procéder, il faut connaître la valeur de ε_e .*
- *Comme E , R_e et ν sont connus, on peut utiliser l'équation*

$$\frac{R_e}{E} = \varepsilon_e e^{-\nu \varepsilon_e}$$

- *Le rapport $\frac{R_e}{E}$ au membre de gauche étant très faible,*

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.450}{200} \simeq 0.00225$$

Corrigé exercice 1

Détermination du taux de déformation en relaxation

- On déduit ε_r à partir de ε_p en résolvant **l'équation de la déformation permanente** :

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_e} = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} - \left(\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} \right)^n$$

- Avant de procéder, il faut connaître la valeur de ε_e .
- Comme E , R_e et ν sont connus, on peut utiliser l'équation

$$\frac{R_e}{E} = \varepsilon_e e^{-\nu \varepsilon_e}$$

- Le rapport $\frac{R_e}{E}$ au membre de gauche étant très faible, l'on sera du même du ε_e . On peut donc écrire que la valeur de ε_e est :

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.450}{200} \simeq 0.00225$$

Corrigé exercice 1

Détermination du taux de déformation en relaxation

- On déduit ε_r à partir de ε_p en résolvant **l'équation de la déformation permanente** :

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_e} = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} - \left(\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} \right)^n$$

- Avant de procéder, il faut connaître la valeur de ε_e .
- Comme E , R_e et ν sont connus, on peut utiliser l'équation

$$\frac{R_e}{E} = \varepsilon_e e^{-\nu \varepsilon_e}$$

- Le rapport $\frac{R_e}{E}$ au membre de gauche étant très faible, il en sera de même de ε_e . On peut admettre que le facteur $e^{-\nu \varepsilon_e} \simeq 1$. On obtient alors

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.450}{200} \simeq 0.00225 \implies \varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.00225$$

Corrigé exercice 1

Détermination du taux de déformation en relaxation

- On déduit ε_r à partir de ε_p en résolvant **l'équation de la déformation permanente** :

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_e} = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} - \left(\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} \right)^n$$

- Avant de procéder, il faut connaître la valeur de ε_e .
- Comme E , R_e et ν sont connus, on peut utiliser l'équation

$$\frac{R_e}{E} = \varepsilon_e e^{-\nu \varepsilon_e}$$

- Le rapport $\frac{R_e}{E}$ au membre de gauche étant très faible, il en sera de même de ε_e . On peut admettre que le facteur $e^{-\nu \varepsilon_e} \simeq 1$. On conclut que

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.450}{200} \simeq 0.00225 \implies \varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.00225$$

Corrigé exercice 1

Détermination du taux de déformation en relaxation

- On déduit ε_r à partir de ε_p en résolvant **l'équation de la déformation permanente** :

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_e} = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} - \left(\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} \right)^n$$

- Avant de procéder, il faut connaître la valeur de ε_e .
- Comme E , R_e et ν sont connus, on peut utiliser l'équation

$$\frac{R_e}{E} = \varepsilon_e e^{-\nu \varepsilon_e}$$

- Le rapport $\frac{R_e}{E}$ au membre de gauche étant très faible, il en sera de même de ε_e . On peut admettre que le facteur $e^{-\nu \varepsilon_e} \simeq 1$. On conclut que

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.450}{200} \simeq 0.00225 \implies \varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.00225$$

Corrigé exercice 1

Détermination du taux de déformation en relaxation

- On déduit ε_r à partir de ε_p en résolvant **l'équation de la déformation permanente** :

$$\frac{\varepsilon_p}{\varepsilon_e} = \frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} - \left(\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon_e} \right)^n$$

- Avant de procéder, il faut connaître la valeur de ε_e .
- Comme E , R_e et ν sont connus, on peut utiliser l'équation

$$\frac{R_e}{E} = \varepsilon_e e^{-\nu \varepsilon_e}$$

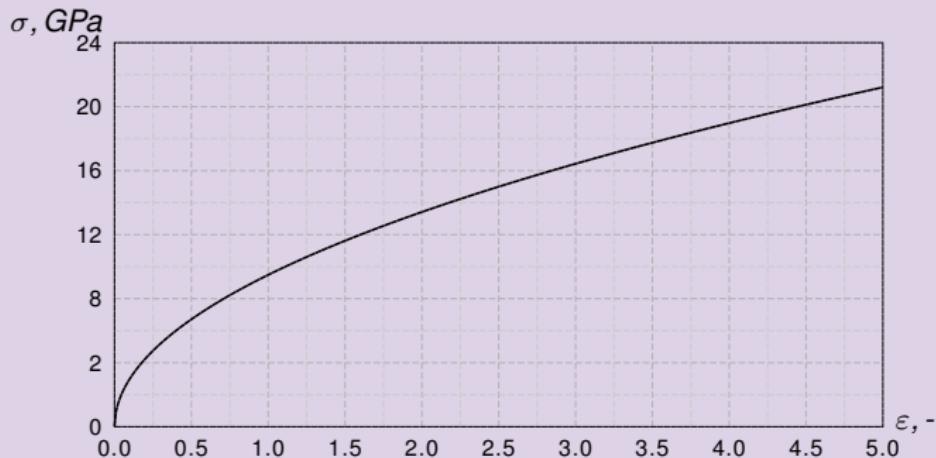
- Le rapport $\frac{R_e}{E}$ au membre de gauche étant très faible, il en sera de même de ε_e . On peut admettre que le facteur $e^{-\nu \varepsilon_e} \simeq 1$. On conclut que

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.450}{200} \simeq 0.00225 \implies \varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.00225$$

Corrigé exercice 1

Résolution de l'équation de la déformation permanente

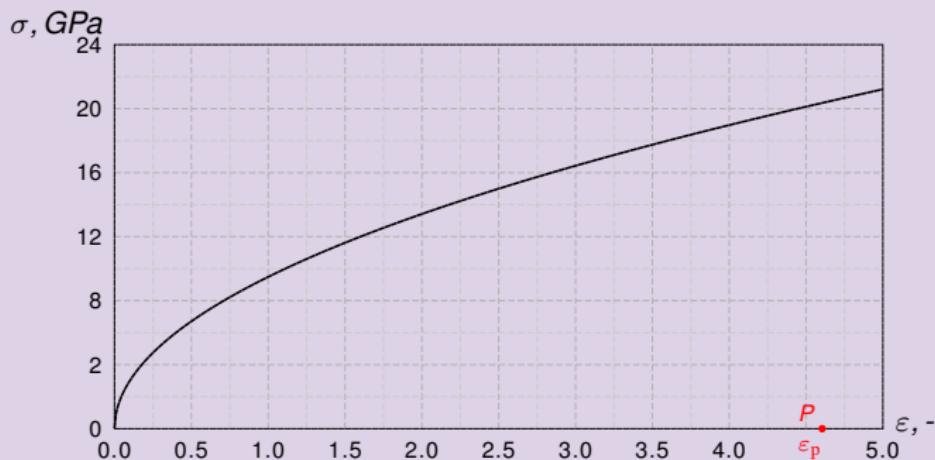
- *On dessine la courbe de traction réelle du matériau et on reporte dans le graphique le point P de coordonnée ($\epsilon_p = 4.605, 0.0$).*
- *Par ce point on trace la parallèle v à la montée élastique.*



Corrigé exercice 1

Résolution de l'équation de la déformation permanente

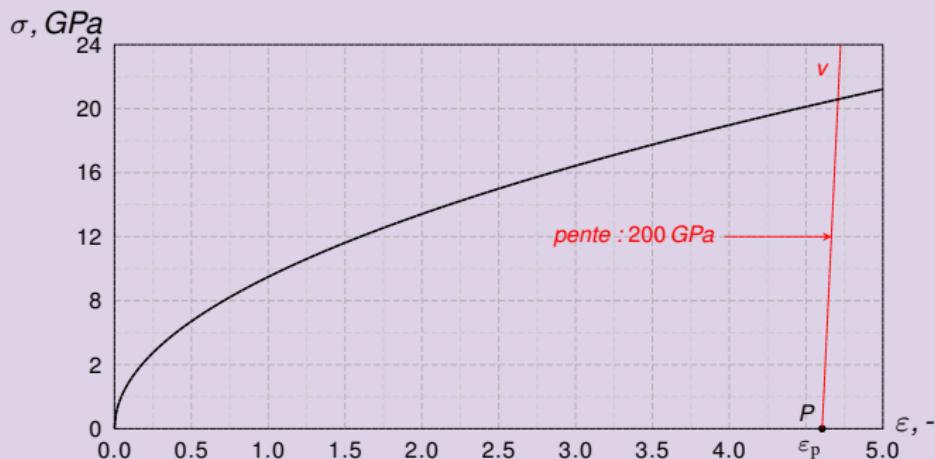
- *On dessine la courbe de traction réelle du matériau et on reporte dans le graphique le point P de coordonnée ($\varepsilon_p = 4.605, 0.0$).*
- *Par ce point on trace la parallèle v à la montée élastique.*



Corrigé exercice 1

Résolution de l'équation de la déformation permanente

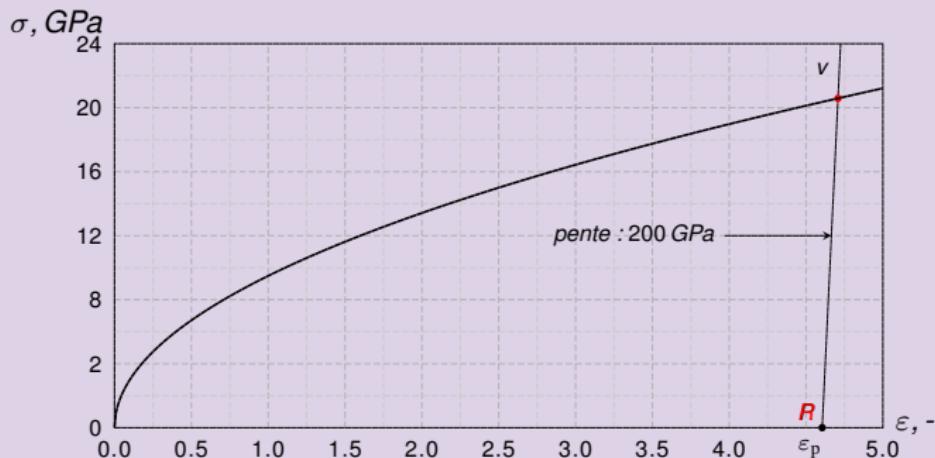
- *On dessine la courbe de traction réelle du matériau et on reporte dans le graphique le point P de coordonnée ($\varepsilon_p = 4.605, 0.0$).*
- *Par ce point on trace la parallèle v à la montée élastique. Cette droite coupe la courbe de traction réelle au point R.*



Corrigé exercice 1

Résolution de l'équation de la déformation permanente

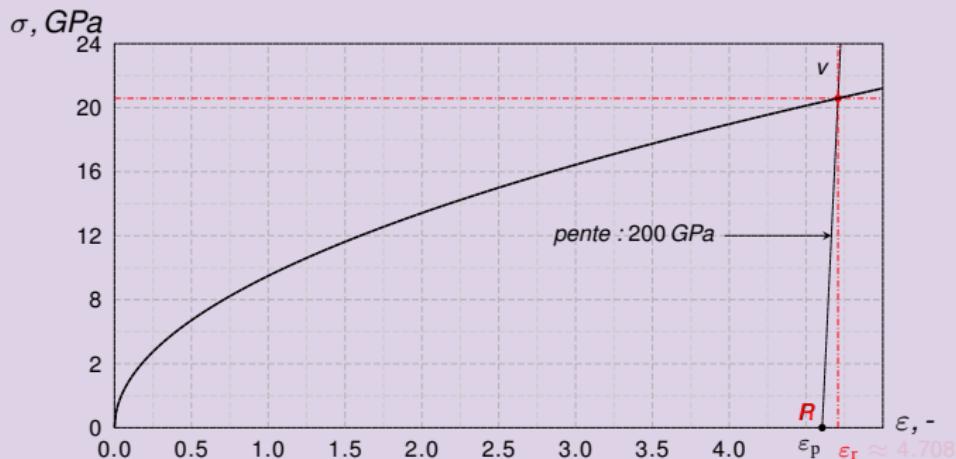
- On dessine la courbe de traction réelle du matériau et on reporte dans le graphique le point P de coordonnée $(\varepsilon_p = 4.605, 0.0)$.
- Par ce point on trace la parallèle v à la montée élastique. Cette droite coupe la courbe de traction réelle au point R dont l'abscisse est ε_r :



Corrigé exercice 1

Résolution de l'équation de la déformation permanente

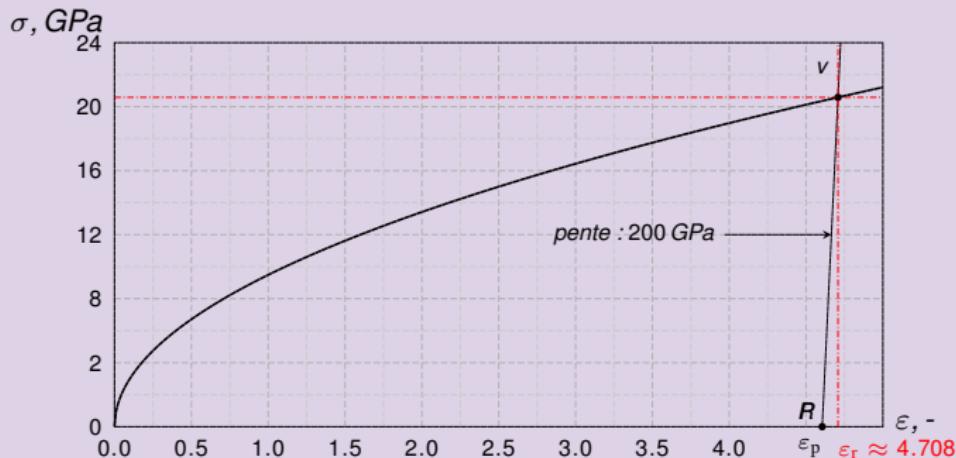
- On dessine la courbe de traction réelle du matériau et on reporte dans le graphique le point P de coordonnée $(\varepsilon_p = 4.605, 0.0)$.
- Par ce point on trace la parallèle v à la montée élastique. Cette droite coupe la courbe de traction réelle au point R dont l'abscisse est ε_r : $\varepsilon_r \approx 4.708$.



Corrigé exercice 1

Résolution de l'équation de la déformation permanente

- On dessine la courbe de traction réelle du matériau et on reporte dans le graphique le point P de coordonnée $(\varepsilon_p = 4.605, 0.0)$.
- Par ce point on trace la parallèle v à la montée élastique. Cette droite coupe la courbe de traction réelle au point R dont l'abscisse est ε_r : $\varepsilon_r \approx 4.708$.

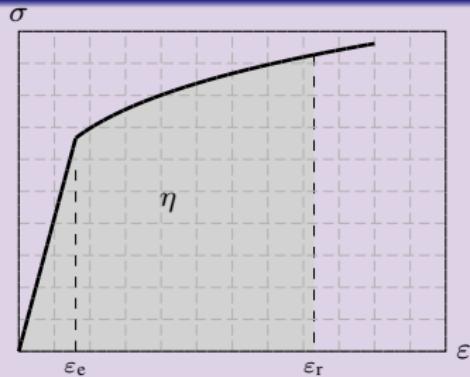


Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la **courbe de traction réelle** jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon d\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon$$



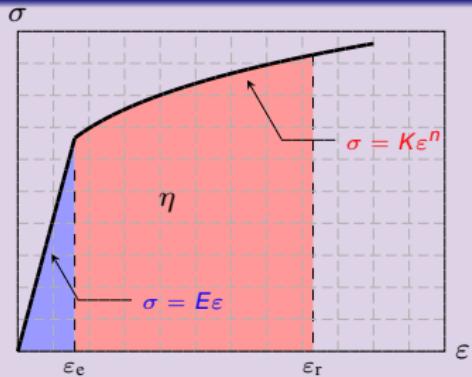
- mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$*

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la **courbe de traction réelle** jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon d\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon$$



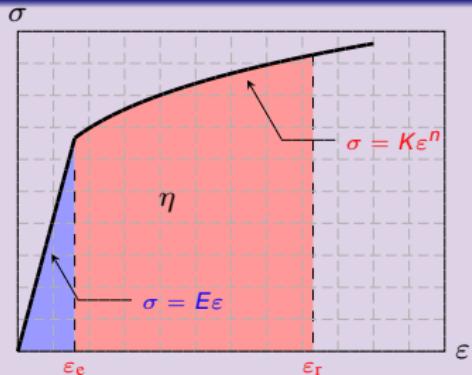
- mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$*

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la **courbe de traction réelle** jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon d\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon$$



- mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ et $K = E\varepsilon_e^{1-n}$*

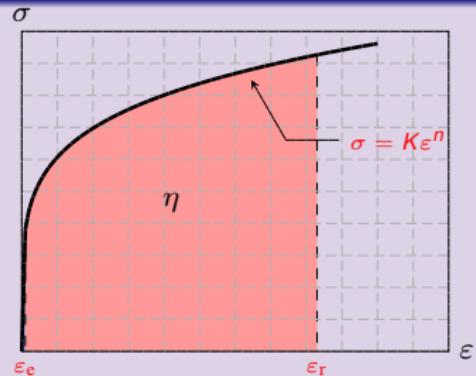
$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la **courbe de traction réelle** jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon d\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon$$



- mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ et $K = E\varepsilon_e^{1-n}$*

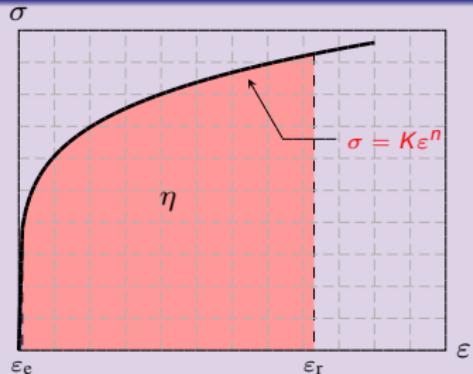
$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la **courbe de traction réelle** jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E \varepsilon d\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K \varepsilon^n d\varepsilon$$



- mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ et $K = E \varepsilon_e^{1-n}$

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K \varepsilon^n d\varepsilon = \frac{K}{n+1} \varepsilon^{n+1} \Big|_0^{\varepsilon_r}$$

soit

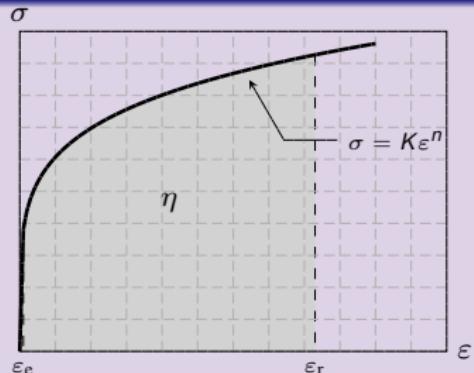
$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60 \text{ GPa}$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la **courbe de traction réelle** jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon d\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon$$



- mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ et $K = E\varepsilon_e^{1-n}$*

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon = \frac{K}{n+1} \varepsilon^{n+1} \Big|_0^{\varepsilon_r}$$

soit

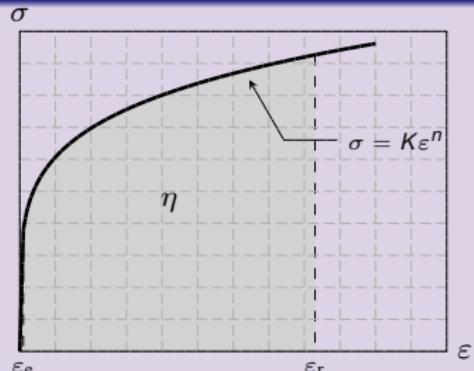
$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60 \text{ GPa}$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la **courbe de traction réelle** jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon d\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon$$



- mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ et $K = E\varepsilon_e^{1-n}$*

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon = \frac{K}{n+1} \varepsilon^{n+1} \Big|_0^{\varepsilon_r} = \frac{K}{n+1} \varepsilon_r^{n+1}$$

soit

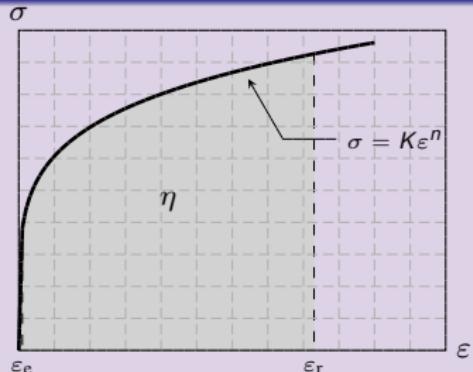
$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60 \text{ GPa}$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la **courbe de traction réelle** jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon d\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon$$



- mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ et $K = E\varepsilon_e^{1-n}$*

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon = \frac{K}{n+1} \varepsilon^{n+1} \bigg|_0^{\varepsilon_r} = \frac{K}{n+1} \varepsilon_r^{n+1}$$

soit

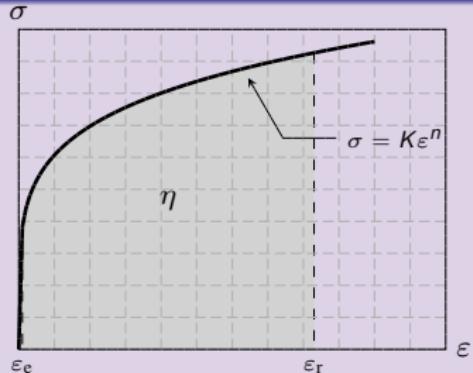
$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60 \text{ GPa}$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la **courbe de traction réelle** jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon d\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon$$



- mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ et $K = E\varepsilon_e^{1-n}$*

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon = \frac{K}{n+1} \varepsilon^{n+1} \bigg|_0^{\varepsilon_r} = \frac{K}{n+1} \varepsilon_r^{n+1} = \frac{E}{n+1} \varepsilon_e^{1-n} \varepsilon_r^{n+1}$$

soit

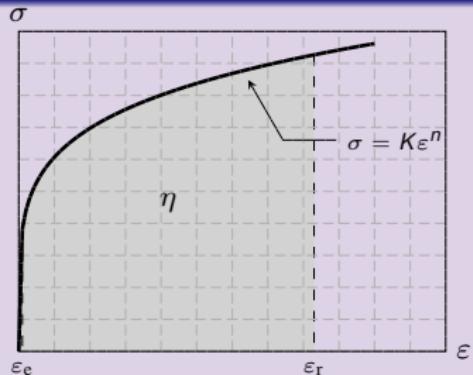
$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60 \text{ GPa}$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la **courbe de traction réelle** jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon d\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon$$



- mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ et $K = E\varepsilon_e^{1-n}$ alors

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon = \frac{K}{n+1} \varepsilon^{n+1} \Big|_0^{\varepsilon_r} = \frac{K}{n+1} \varepsilon_r^{n+1} = \frac{E}{n+1} \varepsilon_e^{1-n} \varepsilon_r^{n+1}$$

soit

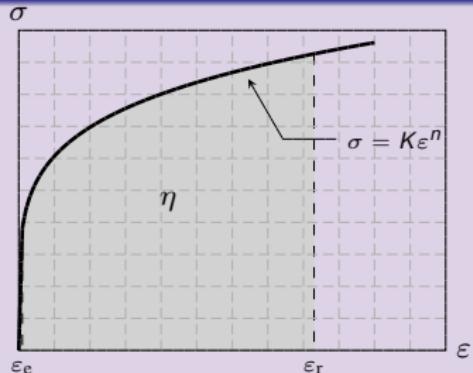
$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60 \text{ GPa}$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la **courbe de traction réelle** jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon d\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon$$



- mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ et $K = E\varepsilon_e^{1-n}$ donc*

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon = \frac{K}{n+1} \varepsilon^{n+1} \Big|_0^{\varepsilon_r} = \frac{K}{n+1} \varepsilon_r^{n+1} = \frac{E}{n+1} \varepsilon_e^{1-n} \varepsilon_r^{n+1}$$

soit

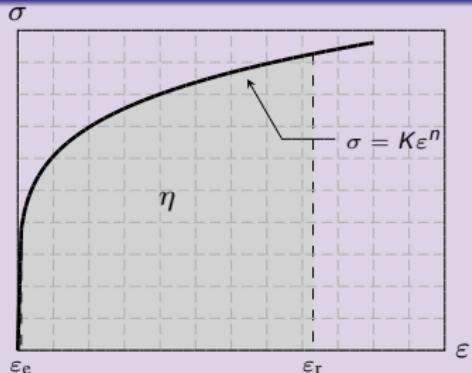
$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60 \text{ GPa}$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la **courbe de traction réelle** jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon d\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon$$



- mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ et $K = E\varepsilon_e^{1-n}$ donc

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon = \frac{K}{n+1} \varepsilon^{n+1} \Big|_0^{\varepsilon_r} = \frac{K}{n+1} \varepsilon_r^{n+1} = \frac{E}{n+1} \varepsilon_e^{1-n} \varepsilon_r^{n+1}$$

soit

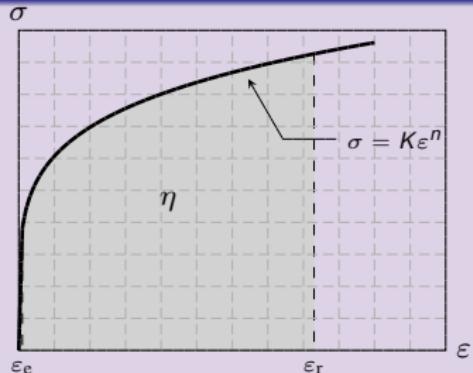
$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60 \text{ GPa}$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la **courbe de traction réelle** jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon d\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon$$



- mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ et $K = E\varepsilon_e^{1-n}$ donc*

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon = \frac{K}{n+1} \varepsilon^{n+1} \Big|_0^{\varepsilon_r} = \frac{K}{n+1} \varepsilon_r^{n+1} = \frac{E}{n+1} \varepsilon_e^{1-n} \varepsilon_r^{n+1}$$

soit

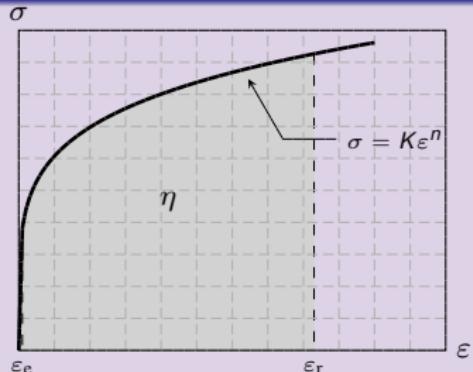
$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60 \text{ GPa}$$

Corrigé exercice 1

Calcul de l'énergie spécifique η

- L'énergie spécifique de déformation est l'aire sous la **courbe de traction réelle** jusqu'au taux de relaxation ε_r :*

$$\eta = \int_0^{\varepsilon_e} E\varepsilon d\varepsilon + \int_{\varepsilon_e}^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon$$



- mais $\varepsilon_e \ll \varepsilon_r$ et $K = E\varepsilon_e^{1-n}$ donc

$$\eta \simeq \int_0^{\varepsilon_r} K\varepsilon^n d\varepsilon = \frac{K}{n+1} \varepsilon^{n+1} \bigg|_0^{\varepsilon_r} = \frac{K}{n+1} \varepsilon_r^{n+1} = \frac{E}{n+1} \varepsilon_e^{1-n} \varepsilon_r^{n+1}$$

soit

$$\eta \simeq \frac{200}{1.5} \times 0.00225^{0.5} \times 4.708^{1.5} \simeq 64.60 \text{ GPa}$$

Corrigé exercice 1

Conclusion

- L'énergie E s'obtient en *J* en multipliant l'énergie spécifique η exprimée en $GPa=J/mm^3$ par le volume V de l'agrafe donnée en mm^3 :

$$E = \eta V$$

- Cette quantité d'énergie est assez faible.

Corrigé exercice 1

Conclusion

- L'énergie E s'obtient en **J** en multipliant l'énergie spécifique η exprimée en **GPa=J/mm³** par le volume V de l'agrafe donnée en **mm³** :

$$E = \eta V \simeq 64.60 \times 14.13 \simeq 913.26 \text{ J}$$

- Cette quantité d'énergie est assez faible.

Corrigé exercice 1

Conclusion

- *L'énergie E s'obtient en J en multipliant l'énergie spécifique η exprimée en $GPa=J/mm^3$ par le volume V de l'agrafe donnée en mm^3 :*

$$E = \eta V \simeq 64.60 \times 14.13 \simeq 913.26 J$$

- *Cette quantité d'énergie est assez faible.*

Corrigé exercice 1

Conclusion

- *L'énergie E s'obtient en J en multipliant l'énergie spécifique η exprimée en $GPa=J/mm^3$ par le volume V de l'agrafe donnée en mm^3 :*

$$E = \eta V \simeq 64.60 \times 14.13 \simeq 913.26 J$$

- *Cette quantité d'énergie est assez faible. Avec une quantité d'énergie plus significative : 1 KWh (soit $3.6 \cdot 10^6 J$), on fabriquera près de 4'000 agrafes.*

Corrigé exercice 1

Conclusion

- *L'énergie E s'obtient en J en multipliant l'énergie spécifique η exprimée en $GPa=J/mm^3$ par le volume V de l'agrafe donnée en mm^3 :*

$$E = \eta V \simeq 64.60 \times 14.13 \simeq 913.26 J$$

- *Cette quantité d'énergie est assez faible. Avec une quantité d'énergie plus significative : 1 KWh (soit $3.6 \cdot 10^6 J$), on fabriquera près de **4'000 agrafes**.*

Enoncé exercice 2

Calcul de la ténacité d'une barre fortement écrouie

- *Vous considérez une barre de métal qui a été fortement écrouie¹ et dont vous connaissez le module d'Young. Il vaut $E = 200 \text{ GPa}$. Vous aimeriez calculer sa ténacité T . Pour ce faire, vous mesurez la dureté Brinell de la barre. Vous trouvez 240 HB.*
- Avez-vous assez d'information pour calculer la ténacité de la barre ?*
 - Si la réponse est non, dites quelles informations vous manquent et pourquoi ?*
 - Si la réponse est oui, estimatez la valeur de T .*

a. On entend par là que l'opération d'écrouissage a eu lieu sous la forme d'une traction menée presque jusqu'en rupture.

Corrigé exercice 2)

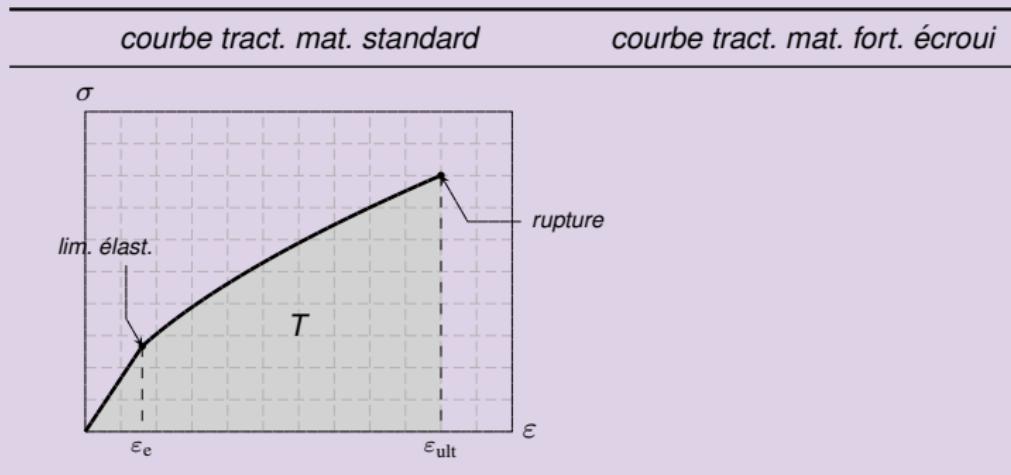
Ténacité d'un matériau fortement écrouie

- *La ténacité est définie comme l'énergie spécifique de déf. jusqu'en rupture :*
- *Si le matériau a été très fortement écroui, sa rupture va pratiquement survenir en limite élastique*

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie

- La ténacité est définie comme l'énergie spécifique de déf. jusqu'en rupture :

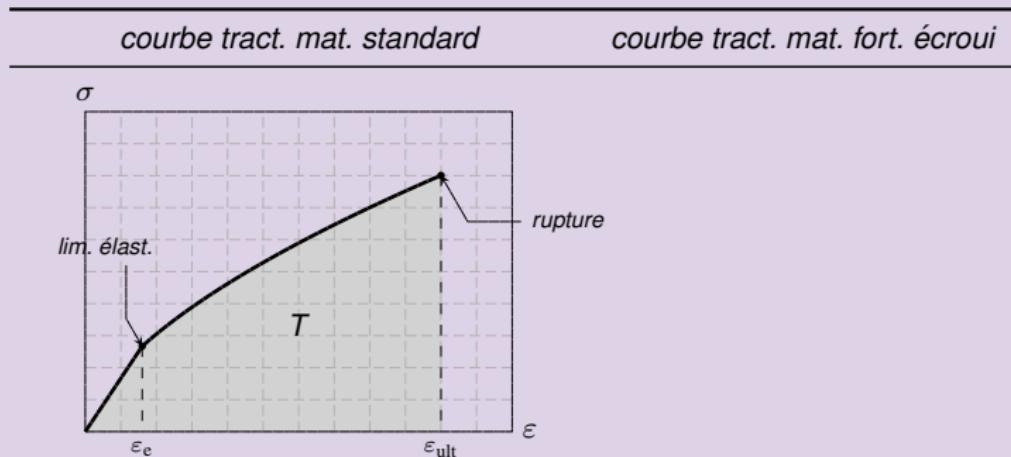


- Si le matériau a été très fortement écroui, sa rupture va pratiquement survenir en limite élastique

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie

- La ténacité est définie comme l'énergie spécifique de déf. jusqu'en rupture :



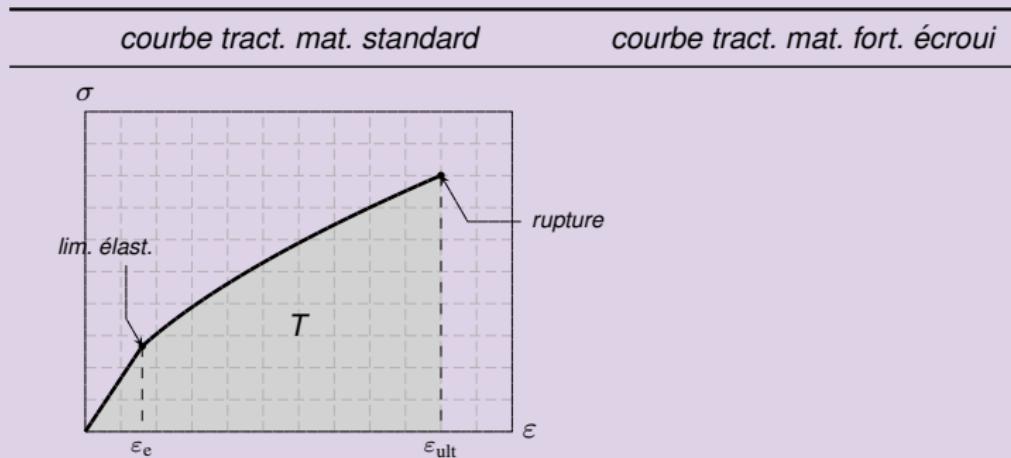
- Si le matériau a été très fortement écroui, sa rupture va pratiquement survenir en limite élastique

$$\varepsilon_{\text{ult}} \simeq \varepsilon_{\text{e}}.$$

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie

- La ténacité est définie comme l'énergie spécifique de déf. jusqu'en rupture :



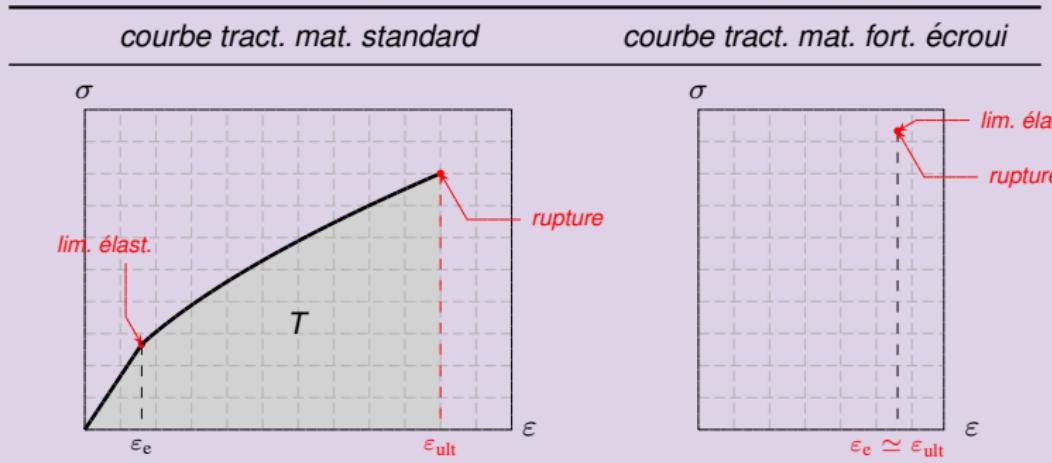
- Si le matériau a été très fortement écroui, sa rupture va pratiquement survenir en limite élastique

$$\varepsilon_{\text{ult}} \simeq \varepsilon_e.$$

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie

- La ténacité est définie comme l'énergie spécifique de déf. jusqu'en rupture :



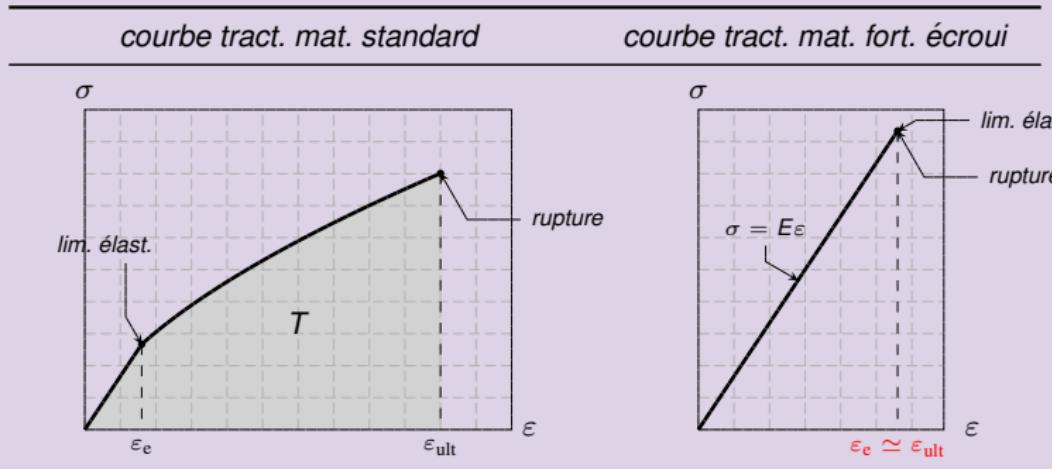
- Si le matériau a été très fortement écroui, sa rupture va pratiquement survenir en limite élastique

$$\epsilon_{\text{ult}} \simeq \epsilon_e.$$

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie

- La ténacité est définie comme l'énergie spécifique de déf. jusqu'en rupture :



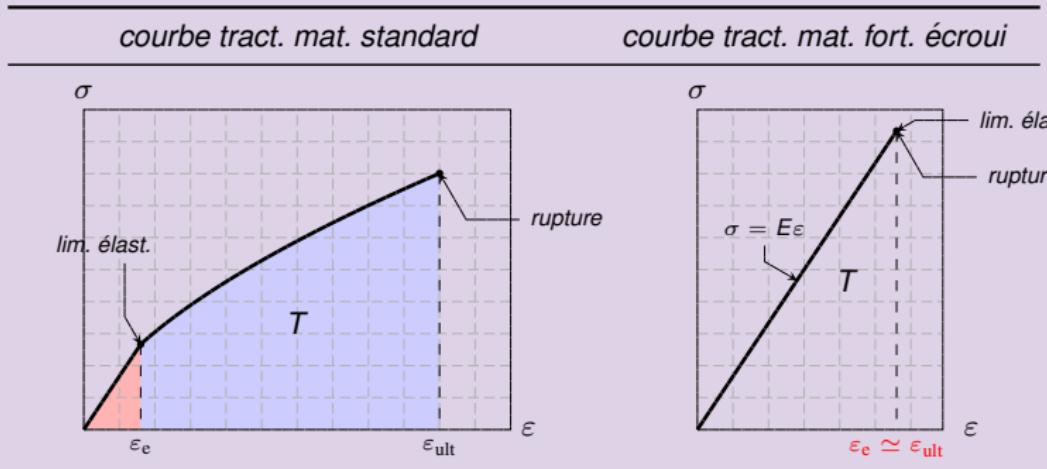
- Si le matériau a été très fortement écroui, sa rupture va pratiquement survenir en limite élastique

$$\varepsilon_{\text{ult}} \simeq \varepsilon_e.$$

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie

- La ténacité est définie comme l'énergie spécifique de déf. jusqu'en rupture :



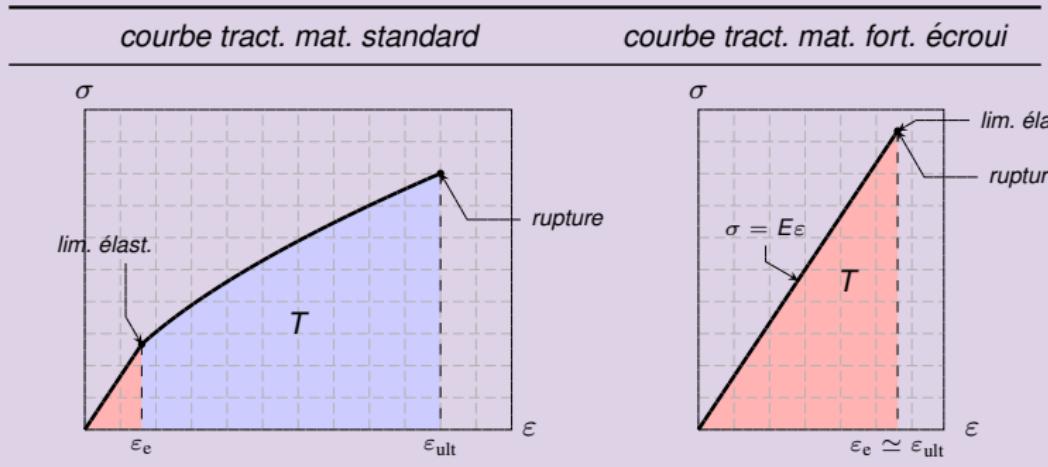
- Si le matériau a été très fortement écroui, sa rupture va pratiquement survenir en limite élastique

$$\varepsilon_{\text{ult}} \simeq \varepsilon_e.$$

Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie

- La ténacité est définie comme l'énergie spécifique de déf. jusqu'en rupture :



- Si le matériau a été très fortement écroui, sa rupture va pratiquement survenir en limite élastique

$$\varepsilon_{\text{ult}} \simeq \varepsilon_e.$$

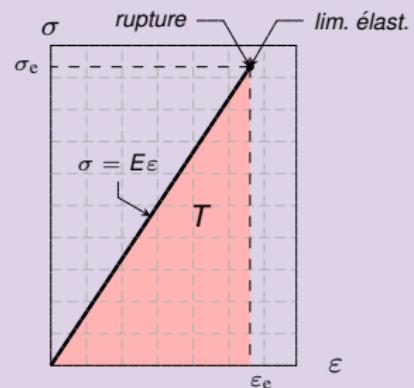
Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base ε_e et de hauteur σ_e :

$$T = \frac{1}{2} \sigma_e \varepsilon_e$$

- On peut éliminer ε_e en utilisant que $\sigma_e = E \varepsilon_e$.



- Il vient

$$T = \frac{1}{2E} \sigma_e^2 \quad (\text{pour un matériau fortement écroui})$$

- On connaît E .

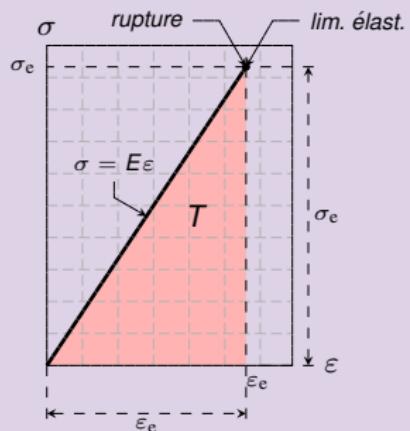
Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base ε_e et de hauteur σ_e :

$$T = \frac{1}{2} \varepsilon_e \sigma_e$$

- On peut éliminer ε_e en utilisant que $\sigma_e = E \varepsilon_e$.



- Il vient

$$T = \frac{1}{2E} \sigma_e^2 \quad (\text{pour un matériau fortement écroui})$$

- On connaît E .

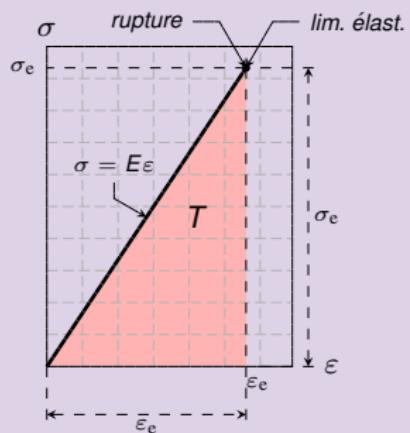
Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base ε_e et de hauteur σ_e :

$$T = \frac{1}{2} \varepsilon_e \sigma_e$$

- On peut éliminer ε_e en utilisant que $\sigma_e = E \varepsilon_e \Rightarrow \varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E}$.



- Il vient

$$T = \frac{1}{2E} \sigma_e^2 \quad (\text{pour un matériau fortement écroui})$$

- On connaît E .

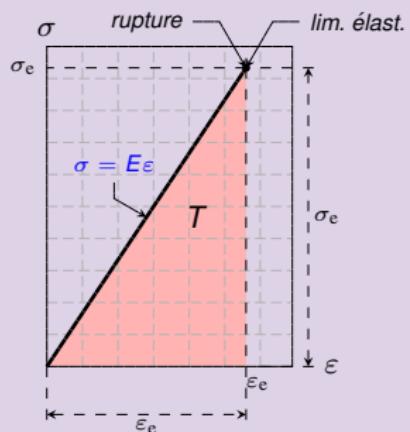
Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base ε_e et de hauteur σ_e :

$$T = \frac{1}{2} \varepsilon_e \sigma_e$$

- On peut éliminer ε_e en utilisant que $\sigma_e = E \varepsilon_e \Rightarrow \varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E}$.



- Il vient

$$T = \frac{1}{2E} \sigma_e^2 \quad (\text{pour un matériau fortement écroui})$$

- On connaît E .

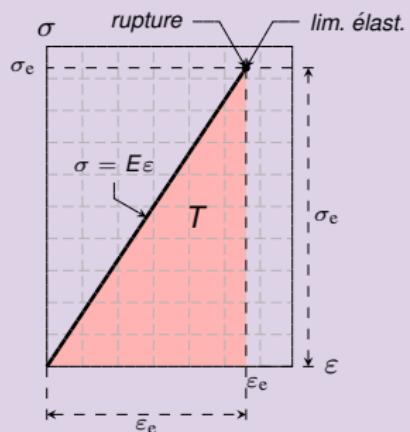
Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base ε_e et de hauteur σ_e :

$$T = \frac{1}{2} \varepsilon_e \sigma_e$$

- On peut éliminer ε_e en utilisant que $\sigma_e = E \varepsilon_e \implies \varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E}$.



- Il vient

$$T = \frac{1}{2E} \sigma_e^2 \quad (\text{pour un matériau fortement écroui})$$

- On connaît E .

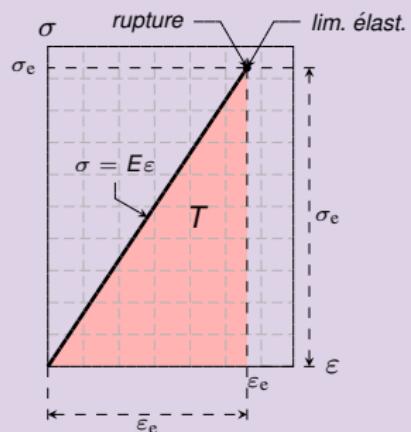
Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base ε_e et de hauteur σ_e :

$$T = \frac{1}{2} \varepsilon_e \sigma_e$$

- On peut éliminer ε_e en utilisant que $\sigma_e = E \varepsilon_e \implies \varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E}$.



- Il vient

$$T = \frac{1}{2E} \sigma_e^2 \quad (\text{pour un matériau fortement écroui})$$

- On connaît E .

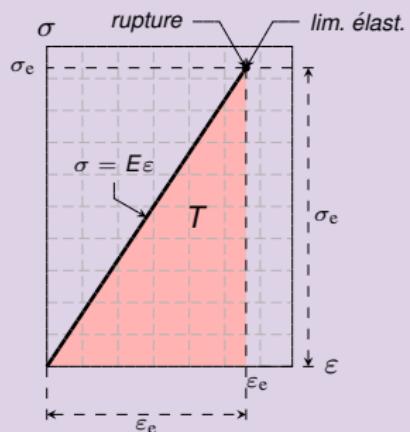
Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base ε_e et de hauteur σ_e :

$$T = \frac{1}{2} \varepsilon_e \sigma_e$$

- On peut éliminer ε_e en utilisant que $\sigma_e = E \varepsilon_e \Rightarrow \varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E}$.



- Il vient

$$T = \frac{1}{2E} \sigma_e^2 \quad (\text{pour un matériau fortement écroui})$$

- On connaît E .

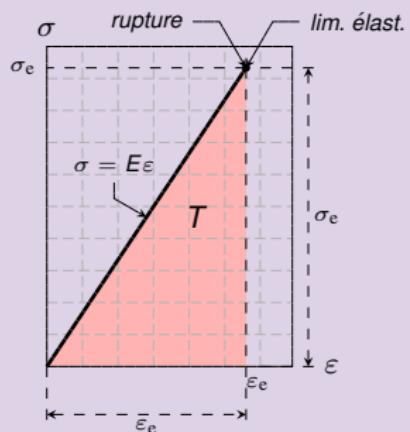
Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base ε_e et de hauteur σ_e :

$$T = \frac{1}{2} \varepsilon_e \sigma_e$$

- On peut éliminer ε_e en utilisant que $\sigma_e = E \varepsilon_e \Rightarrow \varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E}$.



- Il vient

$$T = \frac{1}{2E} \sigma_e^2 \quad (\text{pour un matériau fortement écroui})$$

- On connaît E .

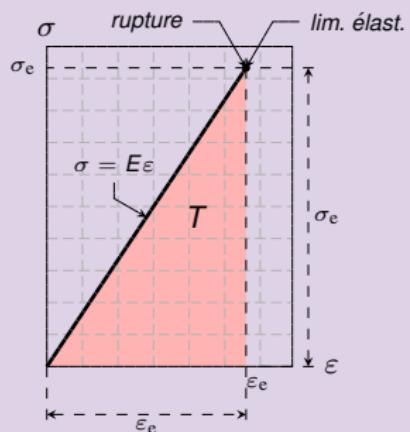
Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base ε_e et de hauteur σ_e :

$$T = \frac{1}{2} \varepsilon_e \sigma_e$$

- On peut éliminer ε_e en utilisant que $\sigma_e = E \varepsilon_e \Rightarrow \varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E}$.



- Il vient

$$T = \frac{1}{2E} \sigma_e^2 \quad (\text{pour un matériau fortement écroui})$$

- On connaît E . Il reste donc à calculer la limite élastique σ_e .

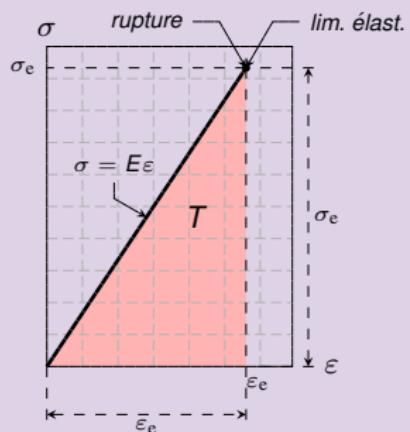
Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base ε_e et de hauteur σ_e :

$$T = \frac{1}{2} \varepsilon_e \sigma_e$$

- On peut éliminer ε_e en utilisant que $\sigma_e = E \varepsilon_e \implies \varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E}$.



- Il vient

$$T = \frac{1}{2E} \sigma_e^2 \quad (\text{pour un matériau fortement écroui})$$

- On connaît E . Il reste donc à calculer la limite élastique σ_e . Pour cela, on utilise le résultat de l'expérience de dureté.

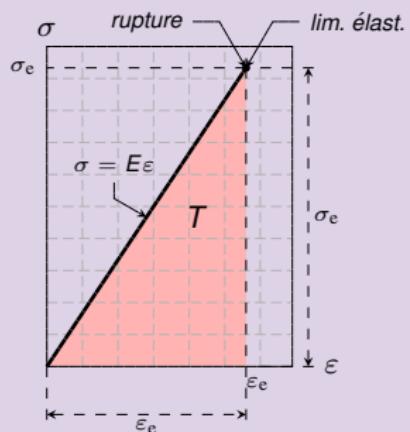
Corrigé exercice 2)

Ténacité d'un matériau fortement écrouie (suite)

- La ténacité du matériau très écroui est donc l'aire d'un triangle rectangle de base ε_e et de hauteur σ_e :

$$T = \frac{1}{2} \varepsilon_e \sigma_e$$

- On peut éliminer ε_e en utilisant que $\sigma_e = E \varepsilon_e \implies \varepsilon_e = \frac{\sigma_e}{E}$.



- Il vient

$$T = \frac{1}{2E} \sigma_e^2 \quad (\text{pour un matériau fortement écroui})$$

- On connaît E . Il reste donc à calculer la limite élastique σ_e . Pour cela, on utilise le résultat de l'expérience de dureté.

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :

$$R_e [MPa] \simeq 3.5 \text{ HB} \implies R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840 \text{ MPa}$$

- On observe que le rapport $\frac{R_s}{E}$ est largement inférieur à 10% :

- Dans ces conditions, ϵ_e sera lui même très petit :

- La conclusion est que

$$\sigma_e \simeq 840 \text{ MPa}$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :

$$R_e [MPa] \simeq 3.5 \text{ HB} \implies R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840 \text{ MPa}$$

- On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :

- Dans ces conditions, ϵ_e sera lui même très petit :

- La conclusion est que

$$\sigma_e \simeq 840 \text{ MPa}$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :

$$R_e [MPa] \simeq 3.5 \text{ HB} \implies R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840 \text{ MPa}$$

- On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{840}{200} \simeq 0.0042$$

- Dans ces conditions, ϵ_e sera lui même très petit :

- La conclusion est que

$$\sigma_e \simeq 840 \text{ MPa}$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :

$$R_e [MPa] \simeq 3.5 \text{ HB} \implies R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840 \text{ MPa}$$

- On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%$$

- Dans ces conditions, ϵ_e sera lui même très petit :

- La conclusion est que

$$\sigma_e \simeq 840 \text{ MPa}$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :

$$R_e [MPa] \simeq 3.5 \text{ HB} \implies R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840 \text{ MPa}$$

- On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- Dans ces conditions, ϵ_e sera lui même très petit :

- La conclusion est que

$$\sigma_e \simeq 840 \text{ MPa}$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :

$$R_e [MPa] \simeq 3.5 \text{ HB} \implies R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840 \text{ MPa}$$

- On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- Dans ces conditions, ϵ_e sera lui même très petit : $\epsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$

- La conclusion est que

$$\sigma_e \simeq 840 \text{ MPa}$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :

$$R_e [MPa] \simeq 3.5 \text{ HB} \implies R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840 \text{ MPa}$$

- On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit : $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ en les utilisant les relations de la loi de Hooke

- La conclusion est que

$$\sigma_e \simeq 840 \text{ MPa}$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :

$$R_e [MPa] \simeq 3.5 \text{ HB} \implies R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840 \text{ MPa}$$

- On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit : $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :

$$\sigma_e = R_e \varepsilon_e$$

- La conclusion est que

$$\sigma_e \simeq 840 \text{ MPa}$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :

$$R_e [MPa] \simeq 3.5 \text{ HB} \implies R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840 \text{ MPa}$$

- On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit : $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :

$$\sigma_e = R_e e^{\nu \varepsilon_e}$$

- La conclusion est que

$$\sigma_e \simeq 840 \text{ MPa}$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :

$$R_e [MPa] \simeq 3.5 \text{ HB} \implies R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840 \text{ MPa}$$

- On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit : $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :

$$\sigma_e = R_e e^{\nu \varepsilon_e} \simeq R_e \quad \text{car } e^{\nu \varepsilon_e} \simeq 1$$

- La conclusion est que

$$\sigma_e \simeq 840 \text{ MPa}$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :

$$R_e [MPa] \simeq 3.5 \text{ HB} \implies R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840 \text{ MPa}$$

- On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit : $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :

$$\sigma_e = R_e e^{\nu \varepsilon_e} \simeq R_e \quad \text{car } e^{\nu \varepsilon_e} \simeq 1$$

- La conclusion est que

$$\sigma_e \simeq 840 \text{ MPa}$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :

$$R_e [MPa] \simeq 3.5 \text{ HB} \implies R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840 \text{ MPa}$$

- On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit : $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :

$$\sigma_e = R_e e^{\nu \varepsilon_e} \simeq R_e \quad \text{car } e^{\nu \varepsilon_e} \simeq 1$$

- La conclusion est que

$$\sigma_e \simeq 840 \text{ MPa}$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :

$$R_e [MPa] \simeq 3.5 \text{ HB} \implies R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840 \text{ MPa}$$

- On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit : $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :

$$\sigma_e = R_e e^{\nu \varepsilon_e} \simeq R_e \quad \text{car } e^{\nu \varepsilon_e} \simeq 1$$

- La conclusion est que

$$\sigma_e \simeq 840 \text{ MPa}$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :

$$R_e [MPa] \simeq 3.5 \text{ HB} \implies R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840 \text{ MPa}$$

- On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit : $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :

$$\sigma_e = R_e e^{\nu \varepsilon_e} \simeq R_e \quad \text{car } e^{\nu \varepsilon_e} \simeq 1$$

- La conclusion est que

$$\sigma_e \simeq 840 \text{ MPa} \implies T = \frac{1}{2E} \sigma_e^2$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :

$$R_e [MPa] \simeq 3.5 \text{ HB} \implies R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840 \text{ MPa}$$

- On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit : $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :

$$\sigma_e = R_e e^{\nu \varepsilon_e} \simeq R_e \quad \text{car } e^{\nu \varepsilon_e} \simeq 1$$

- La conclusion est que

$$\sigma_e \simeq 840 \text{ MPa} \implies T = \frac{1}{2E} \sigma_e^2 \simeq \frac{1}{2 \times 200} \times 840^2 = 1764 \text{ MPa}$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :

$$R_e [MPa] \simeq 3.5 \text{ HB} \implies R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840 \text{ MPa}$$

- On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit : $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :

$$\sigma_e = R_e e^{\nu \varepsilon_e} \simeq R_e \quad \text{car } e^{\nu \varepsilon_e} \simeq 1$$

- La conclusion est que

$$\sigma_e \simeq 840 \text{ MPa} \implies T = \frac{1}{2E} \sigma_e^2 \simeq \frac{1}{2 \times 200'000} 840^2 \simeq 1.764 \text{ MPa.}$$

Corrigé exercice 2)

Identification de la limite élastique réelle et conclusion

- Pour un matériau écroui, la limite élastique R_e se déduit de la mesure de dureté :

$$R_e [MPa] \simeq 3.5 \text{ HB} \implies R_e \simeq 3.5 \times 240 = 840 \text{ MPa}$$

- On observe que le rapport $\frac{R_e}{E}$ est largement inférieur à 10% :

$$\frac{R_e}{E} \simeq \frac{0.84}{200} \simeq 0.0042 = 0.42\%.$$

- Dans ces conditions, ε_e sera lui même très petit : $\varepsilon_e \simeq \frac{R_e}{E} \simeq 0.0042$ et les limites élastiques réelles et nominales coïncident raisonnablement :

$$\sigma_e = R_e e^{\nu \varepsilon_e} \simeq R_e \quad \text{car } e^{\nu \varepsilon_e} \simeq 1$$

- La conclusion est que

$$\sigma_e \simeq 840 \text{ MPa} \implies T = \frac{1}{2E} \sigma_e^2 \simeq \frac{1}{2 \times 200'000} 840^2 \simeq 1.764 \text{ MPa.}$$